بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته مهندسی شیمی گرایش جداسازی

ساخت و اصلاح غشای نانوفیلتراسیون پایه پیپرازینی جهت جداسازی آفت‌کش‌ها از آب

استاد راهنما:

دکتر احمد رحیم پور

استاد مشاور:

دکتر محسن جهانشاهی

نگارنده:

هایده کریمی

آبان ماه ۱۳۹۲

تقدیم به پدرم

کوهی استوار که عالمانه به من آموخت تا چگونه در عرصه زندگی، ایستادگی را تجربه نمایم

تقدیم به مادرم

سنگ صبوری که الفبای زندگی به من آموخت

تقدیم به برادرم

لبخند پر مهری که وجودش مایه دلگرمی من است

تقدیم به خواهرم

چشمه زلالی که وجودش شادی بخش زندگی من است.

تشکر و قدردانی:

از اساتید گرامیم جناب آقایان دکتر احمد رحیم پور و محسن جهانشاهی بسیار سپاسگذارم چرا که بدون زحمات بی‌شائبه و راهنمایی‌های بی چشمداشت ایشان، این پروژه به نتیجه مطلوب نمی‌رسید.

چکیده

در این پایان نامه عملکرد غشاهای نانوفیلتراسیون سنتز شده به روش پلیمریزاسیون در سطح مشترک برای حذف آفت‌کش‌ها مورد بررسی قرار گرفت. غشاها با استفاده از روش پلیمریزاسیون در فصل مشترک بین دو واکنشگر پیپرازین (PIP) و تری مزوئیل کلراید (TMC) بر روی زیرلایه‌ی اولترافیلتراسیون پلی‌سولفونی متخلخل ساخته شدند. جهت مطالعه‌ی بیشتر تأثیر افزودنی‌های تری اتیل آمین (TEA) و تری اتیلن تترا آمین (TETA) در محلول آبی بر روی عملکرد و مورفولوژی غشاها مورد بررسی قرار گرفت. غلظت‌های مختلفی از PIP (۰/۵، ۱، ۱/۵و ۲٪ وزنی)، TEA (۰/۵، ۱، ۱/۵و ۲٪ وزنی) و TETA (۰/۵، ۱، ۱/۵و ۲٪ وزنی) برای اصلاح غشاها و رسیدن به شرایط بهینه مورد استفاده قرار گرفت. مطالعاتی که بر روی غشاها صورت گرفت نشان داد که با افزودن TEA و TETA زبری و ناهمواری‌های سطح لایه‌ی پلی‌آمیدی افزایش یافت. آبدوستی غشاها نیز بدلیل افزایش گروه‌های عاملی آبدوست در سطح غشاها در حضور TEA و TETA افزایش یافت. به همین علت پس‌زنی آفت‌کش‌های آب‌گریز هم افزایش یافت. عملکرد غشاهای نانوفیلتراسیون با استفاده از محلول‌های حاوی آفت‌کش‌های آترازین (۰/۰۳ g/l)، دیازینون (۰/۰۳ g/l) و نمک سدیم‌کلراید (۱ g/l) به عنوان خوراک مورد بررسی قرار گرفت. در همه‌ی آزمایش‌ها پس‌زنی دیازینون بیشتر از آترازین بوده است. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان دادند که فلاکس آب و پس‌زنی دیازینون به ترتیب از $lm^{-2}h^{-1}$ ۲۲/۰۹ و ۹۵/۲٪ در غشای اصلاح نشده (۲٪ وزنی PIP) به $lm^{-2}h^{-1}$ ۴۱/۵۶و ۹۸/۸٪ در غشای اصلاح شده با TEA (۲٪ وزنی PIP و ۲٪ وزنی TEA) و به $lm^{-2}h^{-1}$ ۱۳/۵ و ۹۹٪ در غشای اصلاح شده با TETA (۲٪ وزنی PIP و ۲٪ وزنی TETA) تغییر یافت. علاوه بر این طبق نتایج، فلاکس آب و پس-زنی نمک از $lm^{-2}h^{-1}$ ۳۲ و ۳۱/۰۲٪ در غشای اصلاح نشده (۲٪ وزنی PIP) به $lm^{-2}h^{-1}$ ۲۷ و ۵۰/۳۶٪ در غشای اصلاح شده با TEA (۲٪ وزنیPIP و ۲٪ وزنی TEA) و به $lm^{-2}h^{-1}$ ۱۶/۵۳و ۶۲/۳۲٪ در غشای اصلاح شده با TETA (۲٪ وزنی PIP و ۲٪ وزنی TETA) تغییر یافت. نتایج حاصل از این پروژه پیشرفت چشمگیری را در زمینه‌ی جداسازی نمک NaCl و آفت‌کش‌ها از آب توسط غشای کامپوزیتی نانوفیلتراسیون پلی-پیپرازینی نشان داد.

کلمات کلیدی: غشای‌نانوفیلتراسیون، غشای کامپوزیتی لایه نازک، تری اتیل آمین، تری اتیلن تترا آمین، جداسازی آفت‌کش‌ها

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. آفت‌کش ۴

۱-۲-۱. آترازین ۶

۱-۲-۱-۱. تأثیر زیست محیطی ۷

۱-۲-۱-۲. تأثیر سم شناسی ۷

۱-۲-۲. دیازینون ۸

۱-۲-۲-۱. تأثیر زیست محیطی ۹

۱-۲-۲-۲. تأثیر سم شناسی ۱۰

۱-۳. آفت‌کش‌ها در بخش کشاورزی ۱۰

۱-۴. آفت‌کش‌ها در منابع آب آشامیدنی ۱۱

۱-۵. روش‌های انتقال آفت‌کش‌ها به منابع آبی ۱۳

۱-۶. جداسازی آفت‌کش‌ها از منابع آبی ۱۳

۱-۷. فیلتراسیون غشایی ۱۵

۱-۷-۱. دسته بندی فرآیندهای غشایی ۱۵

۱-۷-۲. نانوفیلتراسیون ۱۶

۱-۷-۳. نقش ویژگی‌ها و مشخصات غشای نانوفیلتراسیون در جداسازی آفت‌کش‌ها ۱۷

۱-۷-۳-۱. MWCO غشا و سایر پارامترهای مربوط به اندازه‌ی حفره ۱۷

۱-۷-۳-۲. درجه‌ی نمک‌زدایی غشا ۱۸

۱-۷-۳-۳. مواد سازنده‌ی غشا ۱۸

۱-۷-۳-۴. بار غشا ۱۹

۱-۸. پژوهش‌های انجام شده در زمینه‌ی جداسازی آفت‌کش‌ها از منابع آبی توسط غشای NF ۱۹

فصل دوم ۲۴
۲-۱. مواد مورد استفاده ۲۴
۲-۲. نحوه‌ی ساخت غشا ۲۵
۲-۲-۱. ساخت غشای الترافیلتراسیون ۲۵
۲-۲-۲. ساخت غشای نانوفیلتراسیون کامپوزیتی ۲۵
۲-۳. روش انجام آزمایش‌های بررسی عملکرد ۲۶
۲-۴. تست‌های گرفته شده برای بررسی ساختار غشاها ۲۸
۲-۴-۱. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۲۸
۲-۴-۲. میکروسکوپ الکترونی اتمی (AFM) ۲۹
۲-۴-۳. آزمون زاویه تماس ۲۹
۲-۴-۴. آزمون FTIR-ATR ۳۰
فصل سوم ۳۰
۳-۱. بررسی عوامل مختلف مؤثر بر عملکرد غشای نانوفیلتراسیون پایه پیپرازینی ۳۳
۳-۱-۱. تأثیر غلظت مونومر محلول آبی (PIP) بر عملکرد غشای نانوفیلتراسیون ۳۳
۳-۱-۱-۱. آزمون FTIR-ATR ۳۳
۳-۱-۱-۲. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۳۳
۳-۱-۱-۳. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ۳۶
۳-۱-۱-۴. آزمون زاویه تماس ۳۸
۳-۱-۱-۵. تأثیر غلظت مونومر پیپرازین بر روی میزان پس‌زنی و فلاکس آب غشا ۳۹
۳-۱-۲. اصلاح غشای نانوفیلتراسیون پایه پیپرازینی با افزودن TEA به محلول آبی ۴۳
۳-۱-۲-۱. آزمون FTIR-ATR ۳۳
۳-۱-۲-۲. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۴۵
۳-۱-۲-۳. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) 46
۳-۱-۲-۴. آزمون زاویه تماس ۴۷

۳-۱-۲-۵. تأثیر غلظت TEA بر روی میزان پس‌زنی و فلاکس آب غشا ۴۸
۳-۱-۳. اصلاح غشای نانوفیلتراسیون پایه پیپرازینی با افزودن TETA به محلول آبی ۵۰
۳-۱-۳-۱. آزمون FTIR-ATR ۵۰
۳-۱-۳-۲. میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ۵۲
۳-۱-۳-۳. میکروسکوپ نیروی اتمی (AFM) ۵۳
۳-۱-۳-۴. آزمون زاویه تماس ۵۴
۳-۱-۳-۵. تأثیر غلظت TETA بر روی میزان پس‌زنی و فلاکس آب غشا ۵۵
فصل چهارم ۵۹
۴-۱. نتیجه گیری ۵۹
۴-۲. پیشنهادات ۵۹

فهرست شکل‌ها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱. آب باقی‌مانده بر روی زمین ۲

شکل ۱-۲. استفاده از آفت‌کش‌ها در صنعت کشاورزی ۵

شکل ۱-۳. ساختار آترازین ۷

شکل ۱-۴. ساختار دیازینون ۹

شکل ۲-۱. نمایی از اجزای سیستم انتها بسته برای آزمایش‌های فیلتراسیون ۲۷

شکل ۲-۲. نمایی از سیستم انتها بسته متصل به سیلندر گاز نیتروژن برای آزمایش‌های فیلتراسیون ۲۷

شکل ۲-۳. آزمون زاویه تماس ۳۰

شکل ۳-۱. مکانیزم واکنش پلیمریزاسیون بین PIP و TMC ۳۳

شکل ۳-۲. مکانیزم واکنش هیدرولیز جرئی TMC ۳۳

شکل ۳-۳. آزمون FTIR-ATR مربوط به غشای پایه پیپرازینی ۳۴

شکل ۳-۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از (a) سطح زیرلایه، (b) سطح غشای $NF_۴$، (c) مقطع عرضی زیرلایه، (d) مقطع عرضی غشای $NF_۴$ ۳۶

شکل ۳-۵. تصاویر۲ و ۳ بعدی گرفته شده توسط میکروسکوپ اتمی از سطح غشای: (a) و (b) $NF_۱$، (c) و (d) $NF_۲$، (e) و (f) $NF_۳$، (g) و (h) $NF_۴$ ۳۸

شکل ۳-۶. زاویه تماس غشای کامپوزیتی ۳۹

شکل ۳-۷. تأثیر غلظت PIP بر روی فلاکس و پس‌زنی خوراک حاوی نمک ۴۰

شکل ۳-۸. تأثیر غلظت PIP بر روی پس‌زنی آفت‌کش‌ها ۴۰

شکل ۳-۹. تأثیر غلظت PIP بر روی فلاکس خوراک حاوی آفت‌کش ۴۱

شکل ۳-۱۰. واکنش پلیمریزاسیون بین PIP و TMC در حضور TEA ۴۳

شکل ۳-۱۱. آزمون FTIR-ATR مربوط به غشای پایه پیپرازینی در حضور TEA ۴۴

شکل ۳-۱۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از (a) سطح غشای $NF_۴$، (b) سطح غشای $NF_۸$، (c) مقطع عرضی غشای $NF_۴$، (d) مقطع عرضی غشای $NF_۸$ ۴۵

شکل ۳-۱۳. تصاویر۲ و ۳ بعدی گرفته شده توسط میکروسکوپ اتمی از سطح غشای: (a) و (b) NF_4، (c) و (d) NF_8 ..... ۴۶
شکل ۳-۱۴. زاویه تماس غشای (a) NF_4، (b) NF_8 ..... ۴۷
شکل ۳-۱۵. تأثیر غلظت TEA بر روی فلاکس و پس‌زنی خوراک حاوی نمک ۴۹
شکل ۳-۱۶. تأثیر غلظت TEA بر روی پس‌زنی آفت‌کش‌ها ۴۹
شکل ۳-۱۷. تأثیر غلظت TEA بر روی فلاکس خوراک حاوی آفت‌کش‌ها ۵۰
شکل ۳-۱۸. ساختار شیمیایی TETA ۵۱
شکل ۳-۱۹. آزمون FTIR-ATR مربوط به غشای پایه پیپرازینی در حضور TETA ۵۱
شکل ۳-۲۰. تصاویر میکروسکوپ الکترونی از (a) سطح غشای NF_4، (b) سطح غشای NF_{12}، (c) مقطع عرضی غشای NF_4، (d) مقطع عرضی غشای NF_{12} ۵۲
شکل ۳-۲۱. تصاویر۲ و ۳ بعدی گرفته شده توسط میکروسکوپ اتمی از سطح غشای: (a) و (b) NF_4، (c) و (d) NF_{12} ۵۳
شکل ۳-۲۲. زاویه تماس غشای (a) NF_4، (b) NF_{12} ۵۵
شکل ۳-۲۳. تأثیر غلظت TETA بر روی فلاکس و پس‌زنی خوراک حاوی نمک ۵۶
شکل ۳-۲۴. تأثیر غلظت TETA بر روی پس‌زنی آفت‌کش‌ها ۵۶
شکل ۳-۲۵. تأثیر غلظت TETA بر روی فلاکس خوراک حاوی آفت‌کش‌ها ۵۷

فهرست جدول‌ها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱. مواد مورد استفاده ۲۴
جدول ۳-۱. غشاهای نانوفیلتراسیون ساخته شده و درصد وزنی مواد مورد استفاده در آنها ۳۲
جدول ۳-۲. پارامترهای زبری سطح غشاهای نانوفیلتراسیون ساخته شده ۳۸
جدول ۳-۳. خصوصیات آترازین و دیازینون ۴۱
جدول ۳-۴. پارامترهای زبری سطح غشای نانوفیلتراسیون در حضور TEA ۴۷
جدول ۳-۵. زاویه تماس غشای نانوفیلتراسیون در حضور TEA ۴۷
جدول ۳-۶. پارامترهای زبری سطح غشای نانوفیلتراسیون در حضور TETA ۵۴
جدول ۳-۷. زاویه تماس غشای نانوفیلتراسیون در حضور TETA ۵۴

فصل اول

مقدمه و طرح مسئله

۱-۱. مقدمه

آب یکی از اجزای مهم چرخه‌ی زندگی محسوب می‌شود. اهمیت کیفیت، نگهداری و توسعه‌ی آن در حال افزایش می‌باشد. تا بیست سال پیش مهم‌ترین سرمایه‌ی ملی کشورها، انرژی بود اما در آینده‌ای نه چندان دور آب را با نفت معاوضه خواهند کرد. برای آنکه این تصور از آینده ، زیاد دور از ذهن نباشد کافی است به این نکته توجه کنیم که برای انرژی، به جز نفت، جایگزین‌های نه چندان ارزان‌تر در دسترس بشر است اما تاکنون جایگزینی برای آب یافت نشده است. در شکل ۱-۱ تصویر جالبی از آب باقی‌مانده بر روی زمین مشاهده می شود. بسیاری از مشکلات بهداشتی کشورهای درحال‌توسعه، عدم برخوردای از آب آشامیدنی سالم است. زیرا همواره این سرچشمه‌ی حیات در اثر کاربرد مستقیم و غیر مستقیم آلاینده‌ها در معرض آلودگی قرار دارد [۱]. از آنجایی که محور توسعه‌ی پایدار، انسان سالم است و سلامت انسان در گرو بهره-مندی از آب آشامیدنی مطلوب می باشد بدون تأمین آب سالم جایی برای سلامت مثبت و رفاه جامعه، وجود نخواهد داشت.

شکل ۱-۱. آب باقی‌مانده بر روی زمین

هم زمان با رشد جمعیت در جهان و ایجاد توسعه در صنایع مختلف، آلودگی آب آشامیدنی، تبدیل به یکی از اساسی‌ترین مشکلات جهان شده است. مسئله‌ی تأمین آب شرب سالم، در آینده‌ای نه چندان دور یکی از اصلی‌ترین چالش‌های جهانیان خواهد شد. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که امروزه سفره‌های آب زیرزمینی، خصوصاً در شهرهای بزرگ و پرجمعیت دنیا، دارای مشکلات فراوانی است که یکی از مهم‌ترین دلایل این

معضل آفت‌کش‌ها هستند که به علت رشد روز افزون جمعیت و افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی و مواد غذایی استفاده از آن‌ها در بخش کشاورزی نیز افزایش یافته است [۲, ۳]. از سموم آفت‌کش مورد استفاده می‌توان به سموم ارگانو کلره، ارگانو فسفره، کاربامات و پیرتروئیدها اشاره نمود که ترکیبات ارگانوفسفره بزرگ‌ترین و متنوع‌ترین آفت‌کش‌های موجود هستند [۴]. آفت‌کش‌های ارگانو فسفره به علت اثر بر طیف وسیعی از آفات و هم‌چنین ارزان قیمت بودن بیشتر از سایر آفت‌کش‌ها توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵]. این سموم آفت کش به طور گسترده برای افزایش بازدهی محصولات کشاورزی و هم‌چنین جهت کنترل بیماری‌های منتقله توسط بندپایان استفاده می‌شوند اما اغلب به علت عدم آشنایی مصرف‌کنندگان سموم شیمیایی از اثرات زیان بار این سموم و اصول صحیح مبارزه، این کار به طور ناقص و یا بی رویه صورت می‌گیرد [۶, ۷].

آفت‌کش‌های مورد استفاده درکشاورزی می‌توانند از طریق آبیاری و بارندگی و انتقال از طریق نهرهای انحرافی وارد منابع آب سطحی شده و باعث آلودگی این آب‌ها شوند و در نتیجه اثرات ناخوشایندی را هم به طور غیر مستقیم از طریق اثر بر روی محصولات کشاورزی و ورود به زنجیره غذایی و هم به طور مستقیم از طریق اثر بر روی سلامتی افرادی که در نزدیکی این منابع زندگی می‌کنند و از این منابع استفاده می‌کنند، ایجاد کند [۶-۹]. به علاوه آلودگی آب‌ها به آفت‌کش‌ها به عنوان یک مشکل جهانی آلودگی محیط نیز محسوب می‌شود [۱۰]. مطالعات نشان می‌دهد که در نواحی که از آفت‌کش‌ها برای مبارزه با آفات کشاورزی و جوندگان استفاده می‌شود پرندگان و سایر حیوانات نیز در معرض آلودگی قرار می‌گیرند. وجود اجساد پرندگان در حوالی مزارع و اراضی سم‌پاشی شده گواه این ادعا می‌باشد [۱۱]. بنابراین مواجهه انسان با سموم آفت‌کش یا باقی‌مانده‌ی آن‌ها در محیط‌هایی مانند هوا، آب، خاک، گیاهان و حیوانات و اشیای بی‌جان اتفاق می‌افتد [۱۲, ۱۳].

سازمان جهانی بهداشت (WHO[1]) تخمین زده است که تقریباً ۵/۲ میلیون تن انواع آفت‌کش در جهان در بخش کشاورزی سالیانه به مصرف می‌رسد که ۵۰ درصد از این آفت‌کش‌های شیمیایی به داخل خاک، آب و سایر منابع و گونه‌ها وارد می‌شود [۱۴]. عدم رعایت موازین زیست محیطی توسط انسان، از جمله تخلیه‌ی فاضلاب‌های صنعتی به رودخانه‌ها، استفاده‌ی بی رویه و غیرمنطقی از سموم مختلف و آفت‌کش ها در کشاورزی، توسعه‌ی شهر نشینی و مهاجرت‌های غیر اصولی، عدم آموزش درست و کافی شهروندان و غیره موجب شده است تا منابع آبی در معرض آلودگی‌های بیشتری قرار گیرند. از این رو تمام تلاش محققین بر این است که با کمک روش‌ها و فناوری‌های جدید مشکل کمبود آب را کاهش دهند. یکی از این فناوری‌ها، فناوری فیلتراسیون غشایی است. در سال‌های اخیر، پژوهش‌هایی در جهت جداسازی آفت‌کش‌ها از منابع آب آشامیدنی با استفاده از غشاهای نانوفیلتراسیون صورت گرفته است.

در این پایان نامه سعی بر آن است که با سنتز غشای نانوفیلتراسیون مناسب، تصفیه‌ی منابع آب آشامیدنی از آفت‌کش‌ها با نتیجه‌ی مطلوب‌تر و هزینه‌ی پایین‌تری صورت گیرد.

۱-۲. آفت‌کش

آفت‌کش‌ها مواد شیمیایی و بیولوژیکی هستند که در کشاورزی برای کنترل آفات، علف‌های هرز و بیماری-های گیاهی به کار می روند. این مواد شیمیایی را می توان از گیاهان بدست آورد و یا به صورت مصنوعی تهیه کرد. در کشاورزی، " آفت " شامل حشرات، امراض، علف‌های هرز، و سایر موجودات نظیر کرم‌ها است که تأثیرات مخربی بر روی کمیت وکیفیت محصولات غذایی دارند.

1- World Health Organization

شکل۱-۲. استفاده از آفت‌کش‌ها در صنعت کشاورزی

بر اساس تعریف فائو آفت‌کش عبارت است از ماده یا مخلوطی از مواد که برای کنترل آفات شامل ناقلین بیماری‌های انسانی و حیوانی یا گونه‌ی ناخواسته‌ی گیاهی که در طول فرآیندهای تولید، نگهداری، حمل و نقل و فروش محصولات کشاورزی ایجاد مزاحمت کرده مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱۵].

واژه‌ی آفت‌کش مواد مورد استفاده برای تنظیم رشد گیاه، برگ‌ریزان، خشکاندن، کم کردن تعداد میوه، جلوگیری از افتادن میوه‌های نارس و نیز موادی که قبل یا بعد از برداشت محصول به کار می روند تا از آسیب رسیدن به محصول در طول نگهداری و حمل و نقل جلوگیری شود را شامل می شود.

بر اساس کاربرد آفت‌کش‌ها، آن ها به دسته‌های زیر طبقه‌بندی شدند: حشره‌کش‌ها، کنه‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، باکتری‌کش‌ها، جونده‌کش‌ها، نرم‌تن‌کش‌ها، کرم‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و کشنده‌ی حیوانات اهلی. تا سال ۱۹۵۰، حشره‌کش‌ها بزرگ‌ترین بخش محصولات آفت‌کش را شامل می‌شدند. اگرچه، از سال ۱۹۵۴ از زمانی که فنوکسی‌استیک‌اسید، یک علف‌کش بسیار ارزشمند، کشف شد، اهمیت کنترل علف‌های هرز در محافظت از محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفت. از آن زمان، علف‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها به عنوان مهم‌ترین آفت-کش‌ها در بازار مورد توجه قرار گرفتند [۱۶].

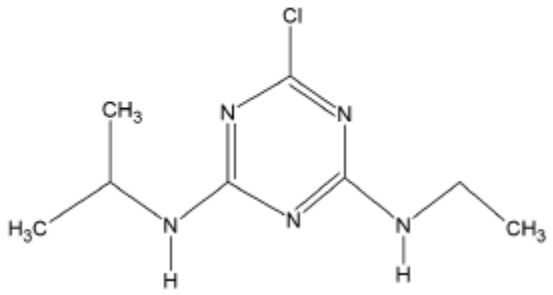
انسان ممکن است از طریق پوست، تنفس و مصرف دهانی در معرض خطر آفت‌کش‌ها قرار بگیرد [۱۷]. در سال ۱۹۸۵ سازمان جهانی بهداشت ۳ میلیون مسمومیت شدید و حاد ناشی از آفت‌کش‌ها را گزارش نمود

که سالیانه حدود ۲۰۰۰۰ مورد آن منجر به مرگ می شود. در سال ۱۹۹۰ سازمان جهانی بهداشت در بازبینی ارزیابی خود رقم تخمینی ۲۵ میلیون مسمومیت ناشی از آفت‌کش‌ها را اعلام نمود که ۵۰ درصد از کل عوارض مربوط به آفت‌کش‌ها و ۷۲/۵ درصد مسمومیت‌های کشنده‌ی حاصل از آن‌ها در کشورهای در حال توسعه رخ می دهد.

۱-۲-۱. آترازین

آترازین (2-chloro-4-(ethylamino)-6-isopropylamino-s-triazine) یک نوع از علف‌کش‌های تریازین می‌باشد که در سال ۱۹۵۲ توسط دانشمندان شرکت .J.R Geigy Ltd در سوئیس کشف شد [۱۸]. اولین کاربرد آن در سال ۱۹۵۴ بود و در سال ۱۹۵۵ ثبت اختراع شد [۱۹]. پس از آن زمان، آترازین تبدیل به پرکاربردترین علف‌کش در صنعت کشاورزی و جنگلداری گشت که مصرف سالانه‌ی آن در کل دنیا ۹۰۰۰۰-۷۰۰۰۰ تن می‌باشد. آترازین با دخالت در عمل فوتوسنتز در جهت مبارزه با رشد علف‌های هرز شامل انواع گیاهان و برخی از انواع خزه‌ها نقش بسیار مهمی را ایفا می کند [۲۰].

نگرانی‌های ناشی از آلودگی منابع آبی توسط علف‌کش‌ها به خاطر تأثیرات خطرناک آن‌ها بر سلامتی انسان و حیوان سبب وضع قوانین محکمی جهت خالص‌سازی آب‌های آشامیدنی گشت. به دلیل کاربرد مداوم آترازین در بخش کشاورزی، همواره مقدار این علف‌کش در منابع آبی از حد مجاز تجاوز می‌کرد [۲۱]. این مسئله در سال ۲۰۰۵ سازمان جهانی بهداشت (WHO) را بر آن داشت که راهنمایی برای آب آشامیدنی مشخص کند. شکل ۱-۳ ساختار مولکولی آترازین را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳. ساختار آترازین

۱-۲-۱-۱. تأثیر زیست محیطی

آترازین یک آلاینده‌ی آب و خاک می باشد که دارای خصوصیاتی از جمله پتانسیل بالا در آب شویی، مقاومت در خاک، آب‌کافت آرام و فشار بخار پایین می‌باشد [۲۲]. هم‌چنین این علف‌کش مقاوم در برابر موقعیت‌های سرد، خشک و در pH پایدار محیط زیست است [۲۳]. آترازین به کار برده شده در زمین‌های کشاورزی به دلیل خصوصیات ذکر شده می‌تواند از طریق نفوذ به آب‌های زیرزمینی و از طریق جریان آب به آب‌های سطحی منتقل شود [۲۴ ,۲۵].

آترازین در آب محلول می‌باشد (۲۵°C، ۳۰ mg/L) و سمی ملایم برای ماهی‌ها و سمی قوی برای بی-مهرگان آبزی به حساب می‌آید و دارای نیمه‌ی عمر به ترتیب ۴۱ و ۵۵ روزه در خاک و آب می‌باشد [۲۶].

۱-۲-۱-۲. تأثیر سم شناسی

آترازین یک ماده آروماتیک پایدار است که در محیط زیست بسیار اندک تجزیه می‌گردد و تأثیرات مضری بر سلامتی انسان دارد [۲۷]. این ماده خصوصیتی را ارائه می‌دهد که بزرگ‌نمایی زیستی نامیده می‌شود زیرا توانایی آن را دارد که در بافت بدن حیوانات غلیظ شده و بدین ترتیب وارد زنجیره‌ی غذایی شود [۱۹].

آترازین توسط آژانس بین المللی تحقیق سرطان (IARC[1]) جز مواد سرطان‌زا طبقه‌بندی شده است که سبب سرطان تخمدان می‌شود. حضور هم‌زمان آترازین و نیترات در آبگیرها خطر تشکیل ماده بسیار قوی N-nitrosoatrazine را درپی دارد که با تأثیر بر روی DNA موجب سرطان یا جهش می‌گردد. تخریب کروموزوم موجود در لنفوسیت انسان حتی در غلظت‌های خیلی پایین N-nitrosoatrazine (۰.۱ µg/L) گزارش شده است [۲۸]. هم‌چنین آترازین توانایی آن را دارد که سمیت آرسنیک را در سلول‌های انسان افزایش دهد [۲۹].

۱-۲-۲. دیازینون

دیازینون (O,O-Diethyl O-[4-methyl-6-(propan-2-yl)pyrimidin-2-yl] phosphorothioate) که برای اولین بار در سال ۱۹۵۳ سنتز شد، یک حشره‌کش ارگانوفسفره‌ی غیر سیستمیک مورد استفاده برای کنترل سوسک، ماهیان نقره فام، مورچه‌ها و کک‌هاست [۳۰]. دیازینون در سال ۱۹۵۲ توسط شرکت سوئیسی CIBA-Geigy به عنوان جایگزینی برای حشره‌کش DDT توسعه داده شد. این آفت‌کش در سال ۱۹۵۵ برای استفاده‌ی انبوه در دسترس عموم قرار گرفت. قبل از سال ۱۹۷۰ مسائل مربوط به آلایندگی دیازینون مورد توجه قرار گرفته بود اما از سال ۱۹۷۰، روش‌های تصفیه برای کاهش مواد باقی‌مانده ی آن مورد استفاده قرار گرفت. از دیازینون برای کنترل آفت حشرات در خاک، گیاهان زینتی و محصولات زراعی شامل میوه‌ها و سبزیجات استفاده می‌شد [۳۱]. دیازینون در طول سال‌های ۱۹۷۰ تا اوایل ۱۹۸۰ به منظور استفاده در باغبانی و کنترل آفت‌های داخل خانه‌ها به شدت مورد استفاده قرار می‌گرفت. پس از آن، دیازینون در محیط‌های داخل و خارج از خانه به عنوان یک محصول تجاری همه منظوره برای کنترل آفت‌ها مورد استفاده قرار گرفت. در سال ۲۰۰۴، ایالات متحده استفاده مسکونی از دیازینون را به جز برای مصارف کشاورزی غیرقانونی اعلام کرد.

1- International agency for research on cancer